昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*，December 2005，48(6)：837－848 ISSN 0454-6296

角蜡蚧和日本龟蜡蚧蜡泌物的超微结构及化学成分分析

谢映平，薛皎亮

（山西大学生命科学与技术学院，太原 030006）

摘要：**采用扫描电镜和气相色谱/质谱联用技术研究了角蜡蚧** *Ceroplastes ceriferus*（Fabricius）**和日本龟蜡蚧** *C. japonicus* Green **蜡泌物的超微结构及化学成分。结果表明，这 2 种蜡蚧分泌蜡质和形成蜡壳的过程基本相似。在 1、2 龄期分泌的蜡质为"干蜡"，蜡壳为星芒状，虫体周缘的蜡芒均为 2 大节，与其 2 个龄期发育相对应，每一个大节又分为若干小节。同时，虫体背面中央蜡质堆积成帽状，也分为均匀的多层。由此说明泌蜡过程具有节律性。虫体周缘与蜡芒对应的突起区上分布着密集的刻点状腺孔，每一个腺孔分泌 1 根蜡丝，这在以往玻片标本中是观察不到的。雌性第 3 龄幼虫和成虫期，虫体分泌"湿蜡"，形成龟背状蜡壳，泌蜡腺孔主要为三格腺和四格腺。在肛突区发现了密集的泌蜡腺孔，排列为纵条纹状。从角蜡蚧蜡泌物甲酯化处理样品中检测到 14 个组分，从直接测试（未经甲酯化处理）样品中检测到 14 个组分；而从日本龟蜡蚧则分别检测到 10 个组分和 25 个组分。它们的主要成分是一系列高级的长链饱和与不饱和的烃、脂肪酸、脂肪醇、酯类、醛类以及杂环、多环或大环状化合物。对它们可能的生物生态学功能进行了讨论。**

关键词：**蚧科；角蜡蚧；日本龟蜡蚧；蜡泌物；超微结构；化学成分**

中图分类号：Q965 文献标识码：A 文章编号：0454-6296(2005)06-0837-12

Ultra-morphology and chemical composition of waxes secreted by two wax scale insects, *Ceroplastes ceriferus* (Fabricius) and *C. japonicus* Green (Homoptera: Coccidae)

XIE Ying-Ping, XUE Jiao-Liang (College of Life Science and Technology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The ultra-morphology and chemical composition of waxes secreted by the scale insects, *Ceroplastes ceriferus* (Fabricius) and *C. japonicus* Green (Homoptera: Coccidae) were studied with the techniques of scanning electron microscope (SEM) and gas chromatography/ mass spectrometry (GC/MS). The results indicate that the two wax scale insects have a similar waxy secretion and wax test forming process. The scale insects in their first and second instars secreted dry wax that formed a star-shaped test. Every wax horn around the margin of the test consists of two segments. This is corresponding to the two developmental instars. Furthermore, each of the two segments of the wax horn included many sub-segments. Meanwhile, the wax accumulated into a cap-like structure with many layers on the dorsal region of the body. It was believed that some kind of rhythm existed in the wax secreting. A lot of striate punctures formed wax glands that are usually unable to be found with the slide specimens of the wax scale insects observed under the light microscopy. As the scales developed into the 3rd instar and adult stage, the wax secretion changed into "wet state" and formed a waxy test in tortoise shell shape. The wax glands on the dorsal surface mainly are trilocular and quadrilocular pores. Dense wax pores arranging in longitudinal strips also were found over the anal plates. The main chemical compositions of the wax secretions of the two scale insects were determined with GC/MS by the two methods of esterification and unesterification. For *C. ceriferus*, 14 and 14 compounds were determined from its wax secretion with the two methods respectively; while 10 and 25 compounds were determined respectively from the wax secretion of *C. japonicus*. The main compositions of their wax secretions include a series of long chain saturated and unsaturated hydrocarbons, fatty acids, fatty alcohol, esters, and some compounds with ring structures of multi-, macro-, or heterocyclic ring. Their biological functions were discussed.

Key words: Coccidae; *Ceroplastes ceriferus*; *Ceroplastes japonicus*; wax secretion; ultra-morphology; chemical composition

---

基金项目：国家自然科学基金项目(30271087)；**山西省自然科学基金项目**(20031065)

作者简介：谢映平，男，博士，教授，从事森林昆虫和林木蚧虫的研究，E-mail：xieyingping@eyou.com

收稿日期 Received：2005-03-15；**接受日期** Accepted：2005-06-28

蜡蚧属 *Ceroplastes* Gray 在分类上属于同翅目(Homoptera)蚧总科(Coccoidea)蚧科(Coccidae),是蚧虫中虫体泌蜡量最大的一个类群,也是现代农林、果树和花卉的重要害虫。该属在全世界已记录 138 种(Ben-Dov, 1993),角蜡蚧 *Ceroplastes ceriferus* (Fabricius) 和日本龟蜡蚧 *C. japonicus* Green 是它们的典型代表,它们分布全球,寄主植物多达 150 余种(谢映平,1998)。蜡蚧分泌的蜡质可占虫体重量的 58% ~ 98%,在虫体表面形成固定形状的厚蜡壳,既可以抵御外界不良因素的侵袭,使蚧虫具有很强的生存优势,又可以阻止杀虫剂的渗入,使人工防治难以奏效(Tamaki,1997)。因此,深入研究蜡泌物的形态结构和化学组成,对了解此类蚧虫自我防御机理,开发研制新型杀虫剂和制定综合管理对策具有重要意义。Hackman (1951) 就对美洲白蜡蚧 *C. destructor* (Newstead) 的蜡壳进行了初步研究。自从 20 世纪 60 年代以来,随着电子显微镜的应用和化学分析技术的改进,在一些发达国家,比如美国、日本、澳大利亚、法国等,对蚧虫的蜡泌物研究给予重视,如日本科学家 Tamaki、Kawai 和 Hashimoto 等从 1966 年到 1971 年,对分布于该国的伪角蜡蚧 *Ceroplastes pseudoceriferus* Green 等 3 种蜡蚧的蜡泌物的分泌过程和化学成分进行了系列研究(Tamaki,1997);Toki 等(1999)又在伪角蜡蚧的蜡壳中分离出几种新的萜烯类化合物;Kusumi 等(1979)及 Miyamoto 等(1980)分别报道了从角蜡蚧蜡壳中分离得到的萜烯类化合物。据作者统计,截止目前,世界上已对 18 科 34 属 48 种蚧虫的蜡泌物和泌蜡腺体的超微结构进行过报道,对蚧虫蜡泌物的化学成分已经研究的有 10 科 23 属 30 种(谢映平等,2004b)。就蜡蚧属的 138 种而言,用电子显微镜观察蜡泌物形态的虫种只有 3 种,分析蜡泌物化学成分涉及的虫种只有 6 种。虽然我国对白蜡虫和紫胶虫的研究可以追溯到 13 世纪(周尧,1988),但对其他蚧虫蜡泌物的超微结构和化学成分研究是最近几年才开始的(谢映平和郑乐怡,2001,2002a,2002b;谢映平等,2004a)。本文作者采用扫描电镜(SEM)和气相色谱/质谱联用(GC/MS)技术对角蜡蚧和日本龟蜡蚧的蜡泌物超微结构和化学成分作了比较研究,希望能为掌握该类害虫蜡泌物的分泌规律和开发新的防治技术提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试虫

角蜡蚧和日本龟蜡蚧定点采自山西省运城市的柿树 *Diospyrus kaki* 上。

1.2 蜡泌物的处理和扫描电镜观察

将采集的带虫枝条真空干燥后,挑选适当虫体置样品台上,真空条件下喷金 5 ~ 7 min。扫描电镜 KYKY-AMRAY 100B 观察、摄影。

1.3 蜡泌物的 GC/MS 检测

样品测试分为直接测试样品和甲酯化后测试样品。直接测试样品:将雌成虫的蜡泌物放于小试管内,注入正己烷(C_6H_{14}),超声波振动,使蜡质溶解后,用 GC/MS 检测。甲酯化后测试样品是首先将蜡泌物甲酯化,然后检测。具体步骤是:称 NaOH(固体)约 300 mg,放在小三角瓶内,加入 15 mL 甲醇(CH_3OH),摇动溶解;将从虫体上挑下的蜡泌物放入试管内,注入 NaOH-CH_3OH 溶液 5 mL,给试管内充 N_2,加塞,振摇后置 50℃水浴箱中 1 h,让其充分溶解;将试管从水浴中取出,在通风橱内加三氟化硼-甲醇溶液(BF_3-CH_3OH) 3 mL,摇匀,于 50℃水浴中 20 min,取出冷却至室温;加正己烷 2 mL,加饱和溶液 5 mL,摇匀,静置分层,吸取上清液保存在另一预先放入少量 Na_2SO_4(粉末)的试管中,作为 GC/MS 检测样品。GC/MS 联用仪为英国 ThermoQuest 仪器公司生产的 Trace GC2000/MS,毛细管柱为 DB-5MS 柱(30 m × 0.25 mm),每次进样量 0.2 μL。

直接测试样品的 GC/MS 测试条件:柱温初始 50℃,初始时间 1 min,第 1 次升温速率 4℃/min,升至 300℃,保持 10 min;第 2 次升温速率 10℃/min,升至 310℃,保持 10 min,最高温度控制为 350℃。

甲酯化后样品的 GC/MS 测试条件:柱温初始 50℃,初始时间 1 min,第 1 次升温速率 10℃/min,升至 220℃,保持 0 min;第 2 次升温速率 5℃/min,温度升至 280℃,保持 30 min;第 3 次升温速率 10℃/min,升至 310℃,保持 3 min,最高温度控制为 350℃。

2 结果和分析

2.1 蜡泌物的扫描电镜观察结果

2.1.1 低龄若虫泌蜡特征:初孵若虫的虫体表面无明显蜡质,当固定取食 2 ~ 3 天后,虫体背面开始分泌蜡质。初期蜡质构成不完全的 6 个环,分为前后 2 群,一环占一个体节。随着分泌,蜡环封闭,前后 2 群相连,呈梯子格形状。接着蜡质增多,填充蜡环,在体背增厚。同时,亚缘区出现一圈蜡质,呈大小不等的蜡芒。1 龄若虫末期,虫体大部分由蜡质

覆盖，体背蜡质堆成帽状，周缘蜡芒 15 个（图版Ⅰ：1）。2 龄若虫在 1 龄若虫的蜡壳下继续分泌蜡质，使蜡壳发育为星芒状（图版Ⅰ：2）。1、2 龄若虫蜡壳均为质地易碎的不含水分的雪白色蜡质，称为"干蜡"（dry wax）。最大的 1 对蜡芒分别位于虫体两侧正中位置，该蜡芒长 583 μm，基部宽，端部尖，蜡芒分为明显 2 段。端部一段为锥状，由许多小节构成；靠基部一段由大约 10 节组成，各节长度近似相等（图版Ⅰ：3）。放大可见，各节均由排列整齐的蜡丝构成，状如竹排，其单根蜡丝粗 1.67 μm（图版Ⅰ：4）。由此推测，该蜡芒的每一根蜡丝是由一个腺孔所分泌，蜡芒的位置在虫体上是突出向外，必定具大量腺孔，且泌蜡能力很强。根据蜡芒基部宽厚，端部锥状的特征，分析认为，蜡芒的形成是伴随着虫体发育和泌蜡部位生长而进行的。根据蜡芒的蜡丝是分成相等的许多节，推测蚧虫泌蜡过程似乎具有节律性，可能与蚧虫生活的昼夜节律或与取食相关的其他生理活动规律有关，这有待以后研究查明。根据蜡芒分为 2 个大段，与蚧虫在此期间完成 2 个龄期相对应，因此估计蜡芒端部一节是第 1 龄若虫分泌的，此期间虫体小，相应泌蜡部位小，蜡芒为锥状，分泌的蜡量少，各个小的分节相应较短。蜡芒基部一节应该是由第 2 龄期分泌，该期虫体长大，泌蜡量是 1 龄的好几倍，因此各小节的蜡丝相应增长。虫体背面中央的蜡帽也是多层叠起（图版Ⅰ：5，6），其泌蜡过程与蜡芒的分泌过程与节律相似，最顶端是第 1 龄期的蜡帽，小型，然后逐渐加大。

雌、雄两性若虫在 1、2 龄期泌蜡过程相同。雄性完成第 2 龄发育后，进入蛹期，不再分泌蜡质，在第 2 龄期的蜡壳下化蛹，直到羽化为成虫。

2.1.2　雌性 3 龄若虫和雌成虫泌蜡特征：雌性若虫进入 3 龄后，虫体背面分泌具有"内蜜露"（interior honeydew）的蜡质，称为"湿蜡"（wet wax）。Kawai 和 Tamaki（1967）研究认为，该蜡质从干蜡变为湿蜡与蚧虫在 3 龄后虫体出现三格腺和四格腺相关。三格腺和四格腺在分泌蜡质的同时，分泌内蜜露与蜡质混合。湿蜡在虫体背面堆积，使蜡壳成盔状（图版Ⅰ：7），并且将前两个龄期的干蜡推向背顶和亚缘区，干蜡帽位于蜡壳顶端，背亚缘区干蜡芒由湿蜡包围，仅露出芒端，接着体缘区蜡质增厚，形成蜡卷。胸气门路上分泌的干蜡（图版Ⅰ：7，8），从腹面一直延伸到体缘，在虫体侧面蜡卷上可以明显看到其白色蜡带。成虫期的蜡壳呈"龟背状"，背面有 8 个隆起区，与干蜡芒位置相对应。即背顶端 1 块，在正中央顶一个干蜡帽；头区 1 块，具 3 个蜡芒；体两侧面共 6 块，其中每个侧面 3 块，位于前侧的 1 块和正侧面的 1 块各具 1 蜡芒，并与前后气门凹翻卷上来的白色蜡带相对应，体后侧面的 1 块，具 2 个蜡芒。湿蜡的质地较致密，呈泥石流状（图版Ⅱ：1）。雌成虫腹面覆盖一层薄蜡质，前后气门路上蜡质白色成带（图版Ⅰ：8）。放大后观察发现，气门路上白色蜡质为丝状构造，蜡丝自然盘旋卷曲，构成蚧虫呼吸的空气通道（图版Ⅱ：2）。气门路上分布五格腺，每一个格分泌 1 根蜡丝，蜡丝挤出腺孔端口，卷曲为弹簧状，蜡丝粗度约 0.9～1.0 μm（图版Ⅱ：3）。

2.1.3　虫体上泌蜡腺体的特征：将年轻雌成虫虫体表面的蜡壳去掉，观察到虫体背面有隆起和向外凸的部位，正好与蜡壳的隆起区和蜡芒的位置相对应（图版Ⅱ：4，5）。在虫体亚缘区与各蜡芒位置对应的角状突上是密集的刻点（图版Ⅱ：6），这些刻点在角状突上从端部向内连成放射状的条纹，放大后（图版Ⅱ：7）观察到在条纹之间，刻点是近椭圆形的腺孔。对照上述蜡壳特征可知，蜡芒是由这些腺孔分泌的，每个腺孔分泌 1 根蜡丝（图版Ⅰ：4）。在两角状突之间的凹陷区和虫体背面的其他区域，分布着大量的三格腺和四格腺（图版Ⅱ：8）。雌成虫发育到产卵期，虫体膨大鼓起，为圆球形，背面光滑，角状突不再明显，体壁表面的腺体成群分布，数量很大，以三格腺和四格腺占优势（图版Ⅲ：1）。此特征与雌成虫分泌大量湿蜡相对应。三格腺有"品字型"和"川字型"两种，以前者数量最多，四格腺为"十字型"，数量远少于三格腺（图版Ⅲ：2～4）。蜡蚧的肛门着生在肛突区，肛突区一般都骨化强烈，颜色加深，在普通玻片标本的光学显微镜观察中，很难看到该区域的泌蜡腺孔，其中以角蜡蚧的肛突区最甚（图版Ⅱ：4）。本实验观察到角蜡蚧肛突表面具有纵向纹带（图版Ⅲ：5），整体构成核桃皮状的皱褶，每条纹带上实际是分布的腺孔（图版Ⅲ：6）。

综上所述，2 种蜡蚧的蜡壳在幼期和老龄期发生变化，前者为"星芒状"，后者为"龟背状"。蜡壳的形状与虫体泌蜡部位的腺体种类和数量相对应，特别是：（1）蜡芒的两个分段与若虫龄期发育相联系；（2）蜡芒的蜡丝构造以及蜡丝的均匀分节可能与蚧虫生理活动节律相联系；（3）虫体亚缘区角状突上的密集刻点是一种特殊腺孔，蜡芒的蜡丝是由它分泌的，以往在将虫体制成玻片标本进行形态观察中，这些刻点状分布的腺体是看不到的；（4）肛突区的表皮通常硬化，特别在成虫期硬化更强烈，在以往玻片标

本观察中，由于该区域染色很深，很难观察到腺体分布。本实验采用扫描电镜观察到肛突区也分布具泌蜡功能的腺孔，成纵条纹状分布。这些发现在该类蚧虫泌蜡研究中属于新报道，为解释其泌蜡机理提供了新证据。

2.2 蜡泌物的化学成分

2.2.1 角蜡蚧雌成虫蜡壳的化学成分分析：从甲酯化后测试样品的色谱图（图略）可知，该蜡泌物进样后保留时间集中在 14.16 ~ 52.91 min 之间，共出现 18 个峰。经过检索和解析质谱图，得知其包含 14 个组分（表 1），化合物碳原子数为 C_{13} ~ C_{37}，化合物归为 3 大类。第 1 类是长链脂肪酸甲酯，在蜡泌物中实际是脂肪酸，有 8 个组分，占总组分的 88.02%。其中直链饱和酸 4 种，分别为 C_{12}-（0.35%）、C_{16}-（2.86%）、C_{18}-（2.33%）和 C_{30}-（42.16%）烷酸；支链饱和酸 1 种，即 C_{15}-甲基烷酸（占 2.88%）；不饱和酸是 C_{16}-烯酸（0.23%）和 C_{18}-烯酸（占 37.21%）。第 2 类化合物是 1 种脂肪醇，即三十七烷醇，占总组分的 8.98%。第 3 类化合物是 5 种芳香族和杂环酮、醇等萜烯类化合物的衍生物，占总组分的 3.00%，包括环丙烯萘（C_{15}-）、二羟基-三烯劳丹（C_{20}-）、雄甾环酮（C_{21}-）、恶三环（C_{29}-）和茚烯醇等。该蚧虫蜡泌物最大特点是甲酯化后检测到的化学组分只有 2 大类，即脂肪酸和芳环类化合物。

角蜡蚧雌成虫蜡泌物直接测试样品的色谱图（图略）显示，该蜡泌物进样后保留时间为 20.00 ~ 96.90 min 之间，共 15 个峰，包含 14 个组分（表 2）。化合物分为 5 类，即长链烃、醇、酸、酯和具芳环和杂环的化合物及其衍生物。第 1 类是长链饱和烃 2 种，占 2.04%，分别为直链 C_{28}-烷烃和支链 C_{17}-烷烃。第 2 类是直链饱和醇 1 种，即 C_{37}-醇，相对含量较高，41.86%。第 3 类是 2 种直链脂肪酸，即 C_{18}-和 C_{22}-烯酸，相对含量 3.52%。第 4 类是 1 种不饱和直链酯，即乙酸十四烯酯，占 2.54%。第 5 类是芳香族

表 1 角蜡蚧雌成虫蜡泌物甲酯化后经 GC/MS 检测的化学组分

Table 1 Composition of the esterified waxes secreted by the female adult of *Croplastes ceriferus* detected with GC/MS

峰位 Peak retention time (min)	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	化合物 Compound	符合度(%) Probability	相对含量 Relative content (%)
14.16	$C_{13}H_{26}O_4$	214	十二酸甲酯 Methyl laurate	42.71	0.35
14.70	$C_{15}H_{24}$	204	1,1,3aa′,7-四甲基-1H-环丙基-1aa′,2,3,3a,4,5,6,7ba′-[a]八氢烯萘 1H-Cyclopropa[a] naphthalene, 1aa′, 2, 3, 3a, 4, 5, 6, 7ba′-oxtahydro-1, 1, 3aa′, 7-tetramethyl-	9.32	0.21
18.46	$C_{17}H_{32}O_2$	268	[*Z*]-9-十六烯酸甲酯 Methyl 9-zoomarate[*Z*]	66.46	0.23
18.68	$C_{17}H_{34}O_2$	270	十六酸甲酯 Methyl palmitate	75.48	2.86
20.57	$C_{19}H_{36}O_2$	296	8-十八烯酸甲酯 Methyl 8-octadecenoate	25.30	4.40
20.66	$C_{19}H_{34}O_2$	294	9,12-十八二烯酸甲酯 Methyl 9,12-octadecadienate	21.42	28.00
20.72	$C_{19}H_{36}O_2$	296	8-十八烯酸甲酯 Methyl 8-octadecenoate	9.21	4.81
21.02	$C_{19}H_{38}O_2$	298	十八酸甲酯 Methyl stearate	60.75	2.33
21.65	$C_{20}H_{36}O_2$	308	8,13[R]-二羟基-14-烯劳丹 Labd-14-ene-8,13-diol,[13R]	42.25	0.27
25.76	$C_{21}H_{34}O_2$	318	3-乙基-3-羟基-雄甾-17-酮 Androstan-17-one,3-ethyl-3-hydroxy-	10.09	0.82
26.75	$C_{29}H_{42}O$	406	三十烷-1[22],7[16],9,13,23, 29-六烯-3-恶三环[20,8,0,0[7,16]] 3-Oxatricyclo[20,8,0,0,[7,16]] triaconta-1[22],7[16],9,13,23,29-hexaene	17.66	1.32
28.08	$C_{37}H_{76}O$	536	1-三十七烷醇 1-Heptatriacotanol	20.26	2.41
28.32	$C_{20}H_{32}O$	288	5-[7a-异丙基-4,5-二甲基-辛氢茚基]-3-甲基-2,4-二烯-1-戊醇 5[7a-Isopropenyl-4,5-dimethyl-octahydroinden-4-yl]-3-methyl-penta-2,4-dien-1-ol	11.15	0.38
29.06 30.39 36.28	$C_{37}H_{76}O$	536	1-三十七烷醇 1-Heptatriacotanol	41.36 24.07	1.31 1.65 3.61
43.04	$C_{31}H_{62}O_2$	466	三十酸甲酯 Methyl melissate	91.52	42.16
52.91	$C_{16}H_{32}O_2$	256	12-甲基-十四酸甲酯 Methyl 12-methyl tetradecanoate	19.53	2.88

及多环化合物的醇、醛、酮、酸的萜烯类衍生物，占总组分的 50.04%，其中以海松酸(C_{20}-)所占比例最大，为 29.08%；六环-烯-乙醛(C_{23}-)和雄甾-烯酮(C_{21}-)的含量次之，分别为 7.89% 和 4.80%；双环-十五烷基-二烯-醇(C_{20}-)和金桐柏环烯(C_{15}-)的含量分别为 3.25% 和 2.65%；十二烷基呋喃酮(C_{16}-)、二烯-萘(C_{15}-)和环十四烯(C_{20}-)的含量分别为 1.01%、0.81% 和 0.55%。

综上所述，角蜡蚧蜡泌物是由一系列饱和或不饱和长链烃类、脂肪酸、脂肪醇、酯，以及多种芳香烃化合物的萜烯类衍生物构成。其显著特点是长链烃的组分很少，主要组分是长链脂肪酸和具环状结构的萜烯类化合物。存在大量的芳环类衍生物是蜡蚧类蜡泌物化学成分区别于其他类型蜡泌物的重要标志。

2.2.2　日本龟蜡蚧雌成虫蜡壳的化学成分分析：日本龟蜡蚧雌成虫蜡泌物甲酯化后的色谱图(图略)显示，该蜡泌物进样后保留时间集中在 18.70 ~ 52.81 min 之间，共 12 个峰，经过检索和解析质谱图，其包含 10 个组分(表 3)。化合物的碳原子数目在 C_{16} ~ C_{25}之间，分子量 219 ~ 416。化合物归为 2 类，即长链脂肪酸 5 种(占 60.05%)和具芳环化合物及其萜烯类衍生物 5 种(占 39.95%)。脂肪酸分 3 类，直链饱和酸为 C_{16}-、C_{18}-和 C_{20}-烷酸，占 24.09%；支链饱和酸 C_{15}-酸，占 2.43%；不饱和的 C_{18}-烯酸占 33.53%。在 5 种环状结构化合物中，有萘、妊娠环、劳丹环、苯酚和雄甾酮。

表 2　角蜡蚧雌成虫蜡泌物未甲酯化样品经 **GC/MS** 检测的化学组分

Table 2　Composition of the unesterified waxes secreted by the female adult of *Croplastes ceriferus* detected with GC/MS

峰位 Peak retention time (min)	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	化合物 Compound	符合度(%) Probability	相对含量 Relative content (%)
20.00	$C_{15}H_{24}$	204	金桐柏烯 Thujopsene	10.62	2.65
27.03	$C_{15}H_{24}$	204	1,2,4a,5,8,8a-六氢-4,7,-二甲基-1-[1-甲基乙基]-3,9-二烯-萘 Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7,-dimethyl-1-[1-methylethyl], [is-[1a,4aa,8aa]]-cadina-3,9-diene	52.52	0.81
38.72	$C_{20}H_{32}$	272	[+]-14-异丙基-3,7,11-三甲基-1,3,6,11-环十四烯 1,3,6,11-Cyclotetradecatetraene,14-isopropyl-3,7,11-trimethyl-,[+]-	26.31	0.55
40.07	$C_{17}H_{36}$	240	2,6,10-三甲基-十四烷 2,6,10-Trimethyl-tetradecane	9.18	0.44
42.36	$C_{16}H_{30}O_2$	254	5-十二烷基-2[3H]-呋喃酮 2[3H]-Furanone,5-dodecyldihydro-	45.84	1.01
43.03	$C_{18}H_{32}O_2$	280	9,12-十八二烯酸 9,12-Octadecadienoic acid	10.67	1.81
45.26	$C_{20}H_{34}O$	290	4,8,12,15,15-五甲基-双环[9,3,1]-十五烷基-3,7-二烯-12-醇 Bicyclo[9, 3, 1] pentadeca-3, 7-dien-12-ol, 4, 8, 12, 15, 15-pentamethyl-[1R-[1R*,3E,7E,11R*,12R*]]-	6.82	3.25
49.83	$C_{20}H_{30}O_2$	302	海松酸 Pimaric acid	30.86	29.08
54.50 55.45	$C_{37}H_{76}O$	536	1-三十七烷醇 1-Heptatriacotanol	5.83 22.02	4.31 37.55
58.22	$C_{28}H_{58}$	394	正二十八烷 n-Octacosane	11.51	1.60
60.06	$C_{16}H_{30}O_2$	254	乙酸-13-十四烯酯 13-Tetradecen-1-ol acetate	10.62	2.54
64.97	$C_{22}H_{42}O_2$	338	13[*Z*]-二十二烯酸 13-Docosenoic acid,[*Z*]-	26.05	1.71
92.82	$C_{21}H_{30}O_3$	330	3-[乙酸酯基]-雄甾-5-烯-7-酮 Androst-5-en-7-one, 3-[acethloxy]-, [3a]-	28.00	4.80
96.90	$C_{23}H_{32}O$	324	2-[4-甲基-6-[2,6,6-三甲基环己烯基]-1,3,5-己三烯基]-1-环己烯基-1-乙醛 2-[4-Methyl-6-[2,6,6-trimethylcyclohex-1-enyl] hexa-1,3,5-trieny] cyclohex-1-en-1-carboxaldehyde	18.71	7.89

表 **3** 日本龟蜡蚧雌成虫蜡泌物甲酯化后经 **GC/MS** 检测的化学组分

Table 3 Composition of the esterified waxes secreted by the female adult of *Croplastes japonicus* detected with GC/MS

峰位 Peak retention time (min)	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	化合物 Compound	符合度(%) Probability	相对含量 Relative content (%)
18.70	$C_{17}H_{34}O_2$	270	十六酸甲酯 Methyl palmitate	75.48	13.33
20.64	$C_{19}H_{34}O_2$	294	9,12-十八二烯酸甲酯 Methyl 9,12-octadecadienate	10.48	33.53
20.71	$C_{20}H_{36}O_2$	308	8,13[R]-二羟基-14-烯劳丹 Labd-14-ene-8,13-diol,[13R]	9.21	8.41
21.03	$C_{19}H_{38}O_2$	298	十八酸甲酯 Methyl stearate	60.75	9.12
22.65	$C_{16}H_{13}N$	219	N-苯基-2-萘胺 2-Naphthalenamine,N-phenyl-	61.14	1.74
23.62	$C_{21}H_{42}O_2$	326	二十酸甲酯 Methyl arachate	61.14	1.64
25.30	$C_{25}H_{36}O_5$	416	3a,12a-二乙酸二酯基-16-烯-20-酮-5a-妊娠环 5a-Pregn-16-en-20-one, 3a, 12a-dihydroxy-, diacetate	11.76	10.83
25.47 25.73	$C_{24}H_{34}O$	338	2,6-二叔丁基-4-[2,4,6-三甲基苯基]苯酚 2,6-Di-tert-butyl-4-[2,4,6,-trimethylbenzyl] phenol	19.57	1.78 1.02
29.76	$C_{20}H_{36}O_2$	308	8,13[R]-二羟基-14-烯劳丹 Labd-14-ene-8,13-diol,[13R]	7.50	8.82
30.05	$C_{21}H_{34}O_2$	318	3-乙基-3-羟基-雄甾-17-酮 Androstan-17-one,3-ethyl-3-hydroxy-	10.32	7.35
52.81	$C_{16}H_{32}O_2$	256	12-甲基-十四酸甲酯 Methyl 12-methyl tetradecanoate	19.53	2.43

日本龟蜡蚧雌成虫蜡泌物直接测试样品的色谱图(图略)显示,出峰时间集中在 14.28 ~ 37.24 min 之间,共 28 个峰,解析图谱后得知其包含 25 种组分(表 4),化合物碳原子数目为 C_{12} ~ C_{44},分子量 156 ~ 506。在 25 种组分中有 23 种是具芳环和杂环化合物及其衍生物,占总组分相对含量的 90.39%;只有另外 2 种是 C_{44}-烷烃和 C_{18}-烯酸。在芳香烃及其衍生物组分中,包括萘类 4 种,妊娠环类 2 种,劳丹环 2 种,菲类 2 种,胆甾三烯和茚环类 5 种,环长叶烯 1 种,及其他芳环的酚、醛、醇类 7 种。

上述分析表明,日本龟蜡蚧蜡泌物的化学组分中,主要是芳香烃和杂环化合物及其衍生物,这与角蜡蚧的化合物的特征相同,但是,相比之下,日本龟蜡蚧的环状化合物种类更多,在整个蜡泌物组分中占的比例更大,二者的区别很明显。

3 讨论

Kawai 和 Tamaki (1967) 对分布于日本的伪角蜡蚧 *Ceroplastes pseudoceriferus* 以及谢映平和郭永平(1994)对我国的日本龟蜡蚧蜡壳发育和形态变异作过研究,蜡壳发育是在体视显微镜下直接观察;而虫体泌蜡腺体研究是将蚧虫制成玻片标本,在光学显微镜下观察。事实上,在玻片标本上,与虫体周缘蜡芒对应的突起区上观察不到腺体,而为光亮的空白区,这为解释这些蜡芒是由哪些腺体分泌造成迷惑。本研究中我们采用扫描电镜观察发现,除掉蜡壳的虫体,在周缘蜡芒对应的突起区上分布密集的刻点状腺孔,并根据蜡芒的构造特点,得出蜡芒是由这些刻点状腺孔分泌的,而且是每一个腺孔分泌一根蜡丝的结论。与此相似,蜡蚧雌成虫的肛突区骨化强烈,角蜡蚧的肛突区骨化尤甚,当制成玻片标本时,由于该部位染色常很深,在光学显微镜下也观察不到腺体。本实验观察到角蜡蚧的肛突上分布大量腺孔,排列为纵条纹状,这些属于新的发现。对蜡壳的形态观察中发现了虫体周缘蜡芒分为两大节,这正好与蚧虫在该期两个龄期相对应,而每个大节又分为多个近似相等的小节。背面的蜡帽也相应的分为多层。由此推测蚧虫泌蜡过程具有节律性,这种节律除了与龄期发育相关以外,还与昼夜节律或取食活动等有关,有待进一步研究证实。

本实验采用 GC/MS 方法对蜡泌物甲酯化和非甲酯化的样品检测发现,与以往报道的其他蚧虫相比(Tamaki,1997;谢映平等,2004a),这两种蚧虫蜡泌物中包含的化合物种类具有丰富的多样性,除了长

表 4 日本龟蜡蚧雌成虫蜡泌物未甲酯化样品经 GC/MS 检测的化学组分

Table 4 Composition of the waxes secreted by the female adult of *Croplastes japonicus* detected by GC/MS

峰位 Peak retention time (min)	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	化合物 Compound	符合度(%) Probability	相对含量 Relative content (%)
14.28	$C_{12}H_{16}$	160	5,6-二甲基-1,2,3,4-四氢化萘 Naphthalene,1,2,3,4,-tetrahydro-5,6-dimethyl-	10.97	1.35
14.67	$C_{12}H_{14}$	158	1,1,3-三甲基-1H-茚 1H-Indene,1,1,3-trimethyl-	48.32	1.48
15.20	$C_{12}H_{12}$	156	1,7-二甲基萘 1,7-dimethyl naphthalene	14.13	3.01
15.76	$C_{15}H_{24}$	204	1,3-二甲基-8-[1-甲基乙基]-三环[4,4,0,0,2,7]癸-3-烯 1,3-Dimethyl-8-[1-methylethyl]-tricyclo[4,4,0,0,2,7] dec-3-ene	11.32	5.86
16.00	$C_{15}H_{22}$	202	4,4-二甲基-3-[3-甲基丁-烯叉]-2-亚甲基双环[4,1,0]庚烷环 4,4-Dimethyl-3-[3-methylbut-3-enylidene]-2-methylenebicyclo[4,1,0]heptane	12.00	1.92
16.29	$C_{15}H_{24}$	204	1,2,3,5,6,7,8,8-八氢-1,8-二甲基-7-[1-甲基乙烯基]-萘 1,2,3,5,6,7,8,8a-Octahydro-1,8a-dimethyl-7-[1-methylethenyl]-naphthalene	19.78	2.69
16.74	$C_{15}H_{24}$	204	2-异丙烯基-4a,8-二甲基-1,2,3, 4a,5,6,7,8a-八氢化萘 2-Isopropenyl-4a,8-dimethyl-1,2,3,4a,5,6,7,8a-Octahydronaphthalene	16.88	1.60
19.12	$C_{16}H_{22}O$	230	8,9-脱氢-9-甲酰-环异长叶烯 8,9-Dehydro-9-formyl-cycloisolongifolene	38.07	0.63
22.21	$C_{16}H_{24}O_3$	264	1a-[3-甲基-1,3-丁二烯]-2a,6a-二甲基-3a-乙酸基-双环[4,10]庚-2-醇 1a-[3-Methyl-1,3-butadienyl]-2a,6a,dimethyl-3a-acetoxy-bicyclo [4,10] heptan-2-ol	7.63	1.11
22.74	$C_{20}H_{34}O$	290	维尔惕醇 Verticiol	28.58	2.94
22.95	$C_{20}H_{32}$	272	8[20],12,14-三烯劳丹 Labda-8[20],12,14-triene	23.23	1.32
23.22	$C_{28}H_{46}$	382	9,9′-双菲-二十八烷 9,9′-Biphenanthrene, octacosahydro-	32.69	0.89
24.82	$C_{18}H_{32}O_2$	280	[*Z*],[*Z*]-9,12-十八二烯酸 9,12-Octadecadienoic acid[*Z*,*Z*]-	12.73	3.29
25.85	$C_{23}H_{32}O$	324	2-[4-甲基-6-[2,6,6-三甲基-1-环己烯]-1,3,5-三烯-1-环己烯-1-甲醛 2-[4-Methyl-6-[2,6,6-trimethylcyclo-hex-1-enyl] hexa-1,3,5-trienyl] cyclohex-1-en-1-carboxaldehyde	28.94	0.99
26.46 26.61	$C_{23}H_{30}O_2$	338	6,16-二甲基-3,20-二酮-1,4,6-三烯娠环 Pregn-1,4,6-triene-3,20,-dione,6,16-dimethyl-,[16a]	23.14 2.82	4.43 4.99
26.94 27.14	$C_{23}H_{32}O_3$	356	4,6-二烯-3,20-二酮-17-羟基-6,16a-二甲基娠环 Pregn-4,6-diene-3,20-dione,17-hydroxy-6,16a-dimethyl-	18.74 22.74	1.87 4.64
27.77	$C_{24}H_{34}O_4$	386	2,6-双[双环[2,2,1]庚基]-4-[1,1-二甲基乙基]苯酚 Phenol,2,6-bis[bicyclo[2,2,1]hept-2-yl]-4-[1,1-dimethylethyl]-	7.19	5.72
28.49	$C_{22}H_{32}$	296	14,15-双脱氢-1,4,5,8,9,10,11,12,13,16,17,18,19,20 二十氢十环十四烯环 14,15-Didehydro-1,4,5,8,9,10,11,12,13,16,17,18,19,20,-tetradecahydro-cyclodecacyclote tradecene	52.15	6.87
28.73 29.05	$C_{29}H_{42}O$	406	1[22],7[16],9,13,23,29-己烯-3-恶三环[20,8,0,0[7,16]]三十烷 3-Oxatricyclo[20,8,0,0,[7,16]]triaconta-1[22],7[16],9,13,23,29-hexaene	20.11	1.33 1.86
29.50	$C_{20}H_{36}O_2$	308	8,13[R]-二羟基-14-烯劳丹 Labd-14-ene-8,13-diol,[13R]	15.95	4.97
31.41	$C_{27}H_{46}$	370	[5a]-胆甾-3-烯 Cholest-3-ene, [5a]-	9.54	5.89
32.54	$C_{24}H_{18}$	306	5′-苯基-1,1′,3′,1′′-三联苯 1,1′,3′,1′′-Terphenyl,5′-Phenyl-	6.07	7.22
33.92	$C_{29}H_{42}O$	406	1[22],7[16],9,13,23,29-六烯-3-恶三环[20,8,0,0[7,16]]三十烷 3-Oxatricyclo[20,8,0,0,[7,16]]triaconta-1[22],7[16],9,13,23,29-hexaene	51.26	10.08
35.25	$C_{44}H_{90}$	506	四十四烷 n-Tetratetracontane	22.74	6.32
37.24	$C_{30}H_{22}O_2$	414	3-苯基肉桂酸-9-菲基甲酯 9-phenanthrenemethyl 3-Phenylcinnamate	9.96	4.73

链烃类、高级脂肪酸、脂肪醇以外，还包含一些与生命活动相关的化合物，比如萘类、劳丹类、雄甾酮类、妊娠环酮类等。这些结果似乎启示我们对蜡泌物功能的重新认识。以往的知识认为，蜡泌物是蚧虫的次生代谢产物，对虫体起直接保护功能。但现在看来，它很可能在不同发育阶段，有某些不同的成分出现，这与虫体的生长发育、取食、繁殖等活动的生理代谢相关，同时还可能有某些别的生物学功能。

前人已经发现植物表面常常也有蜡质覆盖，电镜下观察其构造也成管状、丝状、片状等形式，其化学成分主要是脂肪族化合物，如烃类、醇、醛、蜡酯和萜烯类等（Kolattukudy，1970），与昆虫的有很多相似之处。但是，除了上述的几点保护功能外，有人提出蜡泌物对病原物有毒性和有类似激素的功能（Kolattukudy，1970）。很多昆虫都有病原物和天敌，而且与寄主昆虫之间常有对应的专一性。现在发现的蚧虫病原物很少，是否蜡泌物除了具有直接阻隔作用外还有毒性作用？这是一个值得研究的问题。膜翅目的几个类群是蚧虫的重要寄生性天敌，如跳小蜂多寄生软蚧类，蚜小蜂寄生盾蚧类，这种比较固定的天敌-蚧虫的相互联系，与蜡泌物所含化合物成分是否有关也是一个重要而有趣的问题。目前已知，蚧虫蜡泌物中所含的多种挥发性的萜烯类化合物有信息素的作用，如在日本龟蜡蚧、伪角蜡蚧、红蜡蚧 *C*. *rubens* 和 *C*. *albolineatus* Cockerell 的蜡壳中检测出一系列大环、双环和三环萜类，甚至在角蜡蚧和红蜡蚧蜡壳中检测出另外 31 种挥发性萜类。已经发现 2 种萜类混合物对红蜡蚧扁角跳小蜂 *Anicetus beneficus* Tshii & Yasumatus 寻找寄主产卵起化学诱导作用（Takabayashi and Takahashi，1984，1985）；盾蚧科的矢尖盾蚧 *Unaspis yanonensis*（Kuwana）蜡壳的蜡酯对寄生蜂矢尖蚜小蜂 *Aphitis yanonensis* DeBach & Rosen 发现寄主和产卵有诱导作用（Takahashi *et al*.，1990）。因此，深入研究蚧虫蜡泌物，特别是蚧虫在不同发育阶段蜡泌物的变化应该受到重视。

参考文献（References）

Ben-Dov Y，1993. A Systematic Catalogue of the Soft Scale Insects of the World. Florida：CRC Press. 1 – 536.

Hackman RH，1951. The chemical composition of the wax of the white wax scale，*Ceroplastes destructor*（Newstead）. *Archives of Biochemistry and Biophysics*，33：150 – 154.

Kawai S，Tamaki Y，1967. Morphology of *Ceroplastes pseudoceriferus* Green with special reference to the wax secretion. *Applied Entomology and Zoology*，2（3）：133 – 146.

Kolattukudy PE，1970. Plant waxes. *Lipids*，5(2)：259 – 275.

Kusumi T，Kinoshita T，Fujita K，Kakisawa H，1979. New macrocyclic sesterterpene acid from *Ceroplastes ceriferus*. *Chemical Letter*，（9）：1 129 – 1 132.

Miyamoto F，Naoki H，Naya Y，Nakanshi K，1980. Study of the secretion from a scale insect（*Ceroplastes ceriferus*）diterpenids and sesterterpenoids. *Tetrahedron*，36：3 481 – 3 488.

Takabayashi J，Takahashi S，1984. Host selection behavior of *Anicetus beneficus* Ishii *et* Yasumatsu（Hymenoptera：Encyrtidae）. Ⅱ. Bioassay of oviposition stimulants in *Ceroplastes rubens* Maskell（Hemiptera：Coccidae）. *Applied Entomology and Zoology*，19：117 – 119.

Takabayashi J，Takahashi S，1985. Host selection behavior of *Anicetus beneficus* Ishii *et* Yasumatsu（Hymenoptera：Encyrtidae）. Ⅲ. Presence of oviposition stimulants in the scale wax of the genus *Ceroplastes*. *Applied Entomology and Zoology*，20：173 – 178.

Takahashi S，Hajika M，Takabayashi J，Fukui M，1990. Oviposition stimulants in the coccoid cuticular waxes of *Aphytis yanonensis* De Bach & Rosen. *Journal of Chemical Ecology*，16：1 657 – 1 665.

Tamaki Y，1997. Chemistry of the test cover. In：Ben-Dov Y，Hodgson CJ eds. Soft Scale Insects，Their Biology，Natural Enemies and Control. New York：Amsterdam Lausanne：Elsevier. 55 – 72.

Toki M，Ooi T，Kusumi T，1999. Sesterterpenoids of the wax excreted by a scale insect，*Ceroplastes pseudoceriferus*. *Journal of Natural Products*，62（11）：1 504 – 1 509.

Xie YP，1998. The Scale Insects of the Forest and Fruit Trees in Shanxi of China. Beijing：China Forestry Publishing House. 51 – 53.［谢映平，1998. 山西林果蚧虫. 北京：中国林业出版社. 51 – 53］

Xie YP，Guo YP，1994. A study on the changes of the morphology and wax glands of Japanese wax scale. *Journal of Shanxi Agricultural University*，14（1）：99 – 102.［谢映平，郭永平，1994. 日本龟蜡蚧发育过程中形态和蜡腺变异特征的研究. 山西农业大学学报，14(1)：99 – 102］

Xie YP，Zheng LY，2001. Ultra-morphology and infrared absorption spectra of the waxes secreted by a scale insect，*Eulecanium gigantea*（Shinji）（Homoptera：Coccidae）. *Acta Entomologica Sinica*，44（4）：408 – 415.［谢映平，郑乐怡，2001. 瘤坚大球蚧蜡泌物的超微形态与红外光谱特征. 昆虫学报，44（4）：408 – 415］

Xie YP，Zheng LY，2002a. Ultra-morphology and infrared absorption spectra of the waxes secreted by a scale insect，*Didesmococcus koreanus*（Homoptera：Coccidae）. *Acta Entomologica Sinica*，45（3）：329 – 335.［谢映平，郑乐怡，2002a. 朝鲜毛球蚧蜡泌物的超微形态与红外光谱特征. 昆虫学报，45（3）：329 – 335］

Xie YP，Zheng LY，2002b. The chemical composition of waxes secreted by a scale insect *Eriopeltis festucae*（Homoptera：Coccoidea）. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis*，35（1）：1 – 6.［谢映平，郑乐怡，2002b. 背刺毡蜡蚧蜡泌物的化学成分研究. 南开大学学报(自然科学版)，35（1）：1 – 6］

Xie YP，Xue JL，Zheng LY，2004a. Ultra-morphology and chemical composition of waxes secreted by the scale insect *Dicyphococcus bigibbus*（Homoptera：Coccidae）. *Acta Entomologica Sinica*，47（3）：320 – 328.［谢映平，薛皎亮，郑乐怡，2004a. 云南双蜡蚧蜡泌物的超

微形态与化学成分. 昆虫学报,47 (3) :320 – 328]

Xie YP, Xue JL, Zhang YF, Zheng LY, 2004b. A review on waxy secretions of scale insects and their chemical composition. *Entomological Knowledge*, 41(6) :512 – 518. [谢映平,薛皎亮,张艳峰,郑乐怡,2004b. 蚧虫蜡泌物的化学研究进展. 昆虫知识, 41(6) :512 – 518]

Zhou Y, 1988. History of Chinese Entomology. Xi 'an : Tianze Publishing House. 7 – 44. [周尧,1988. 中国昆虫学史. 西安 :天则出版社. 7 – 44]

(责任编辑:黄玲巧)

图版Ⅰ说明 Explanation of Plate Ⅰ

1, 2. **角蜡蚧 1 龄和日本龟蜡蚧 2 龄若虫蜡壳背面观,显示背面中央具有厚蜡帽,虫体周缘具有 15 个蜡芒。** The wax tests of the two scale insects in the 1st and 2nd instars, showing the star shape wax test with a thick wax cap in numerous layers covering upon the center of the body and about 15 waxy horns surrounding the body margin.

3. **一根蜡芒放大观,示蜡芒分为 2 大节,每个大节又由许多等长的小节组成。** A marginal waxy horn in magnified view, showing it consists of two big sections in which there are some smaller segments along the horizontal direction and some layers in vertical direction.

4. **蜡芒小节的放大观,示蜡质为丝状构造,密集排列如竹排状。** The smaller segments in magnified view, showing the filamentous wax densely arranged like the parallel bamboo raft.

5, 6. **蜡壳中央突起的蜡帽分层及蜡帽周围的蜡质。** The wax cap with multi-layers covering on the middle center of the body.

7. **雌成虫蜡壳侧面观,显示其龟背状,最顶端为干蜡帽,中部为龟背状蜡壳,下部为体缘蜡卷,有两道白色蜡带为气门路泌蜡。** The wax test of the adult female in lateral view, showing tortoise shell shape wax test.

8. **雌成虫腹面观,显示气门路上白色泌蜡呈带状,向上扩展到蜡壳的蜡卷上,腹板其余部分为覆盖半透明的薄蜡层。** The adult female in ventral and lateral view, showing the body with thick wax cover on its dorsal surface and thin semitransparent wax layer covering its ventral surface, with four white wax lines in the stigmatic furrow region.

图版Ⅱ说明 Explanation of Plate Ⅱ

1. **雌成虫蜡壳的湿蜡构造。** The structure of the wet wax on the adult female wax test.

2. **虫体腹面的气门路,五格腺分泌的蜡丝。** The wax filaments densely filled in the stigmatic furrow region in which there are a number of quinquelocuar pores.

3. **气门路上蜡丝正从五格腺分泌出来,自然卷曲为弹簧状。** The quinquelocuar pores are secreting the wax filaments in helicoids form.

4. **剥掉蜡壳的角蜡蚧雌虫背面观,显示虫体背面隆起区和亚缘区的凹凸,与蜡壳背面龟背状突起和体缘的蜡芒分布相对应。** The adult female of *Ceroplastes ceriferus* in dorsal view, showing the wax test removed off body, with the protruding regions corresponding to the wax cap and the wax horns on the middle center and surrounding the sub-margin of the body respectively.

5. **剥掉蜡壳的日本龟蜡蚧雌虫背面观。** The adult female of *Ceroplastes japonicus* in dorsal view, showing the wax test removed off body.

6. **虫体周缘与蜡芒对应的角状突表面的腺体呈刻点状,密集排列。** One sub-marginal protruding plate, showing wax pores with dense and striate punctures that could not be seen under the light microscopy when the body was treated into a slide specimen.

7. **图 6 放大观,示腺体为近似椭圆形的腺孔。** The striate punctuate wax pores in magnified view.

8. **亚缘区突凸起区和间隔的凹陷区分布的腺体不同。** The junction region between the protruding regions along the sub-margin of the body, showing the different wax pore distribution.

图版Ⅲ说明 Explanation of Plate Ⅲ

1. **雌成虫背面分布的三格腺和四格腺。** The distribution of the trilocular and quadrilocular pores over the dorsal surface of the body.

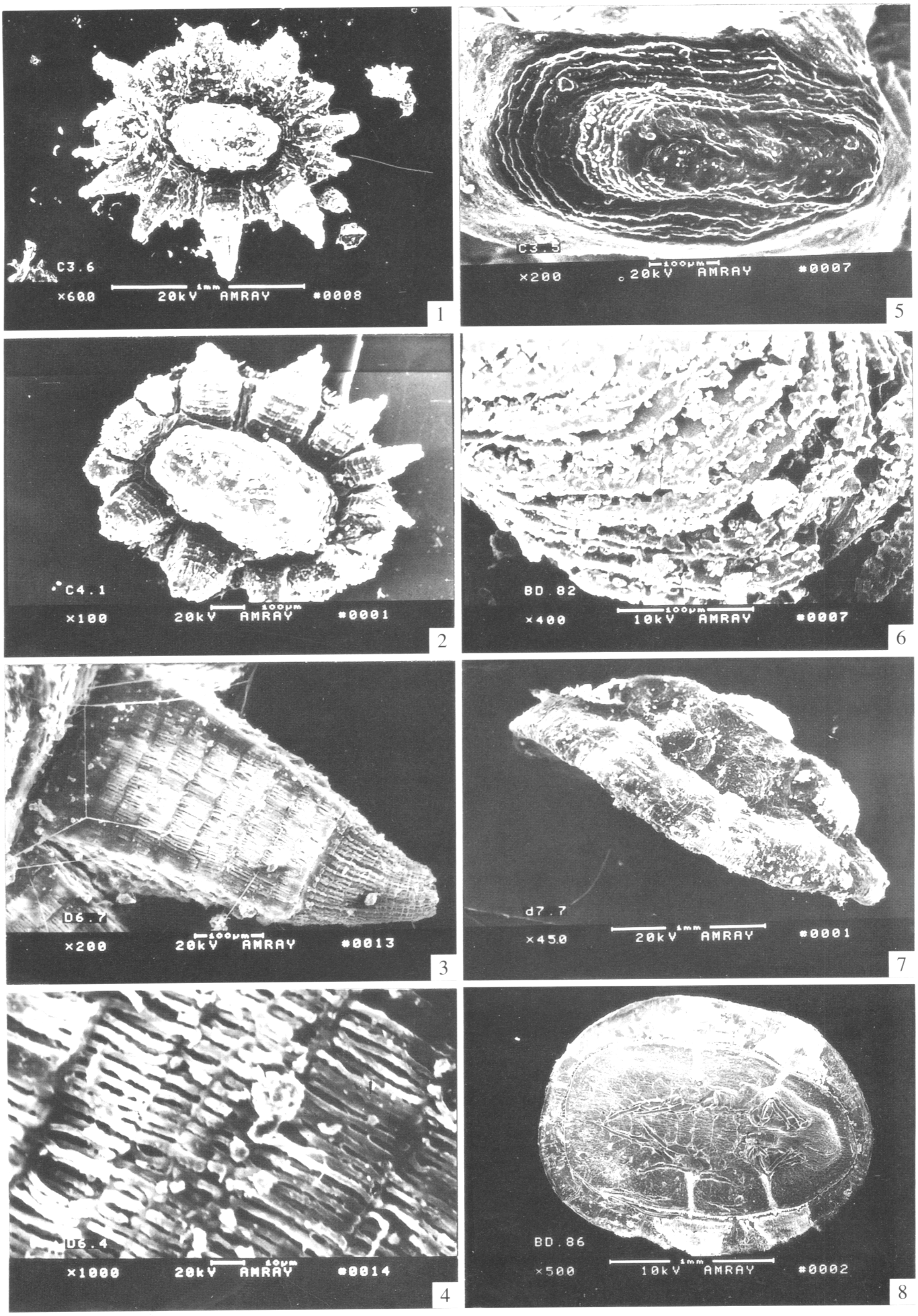
2. **凹陷区密集分布的二格腺、三格腺和四格腺。** The bilocular, trilocular and quadrilocular pores on the dorsal surface of the body from which the wet wax was secreted.

3. **三格腺的三个泌蜡孔呈"品字型"。** The trilocular pore shaped in"triangle rank".

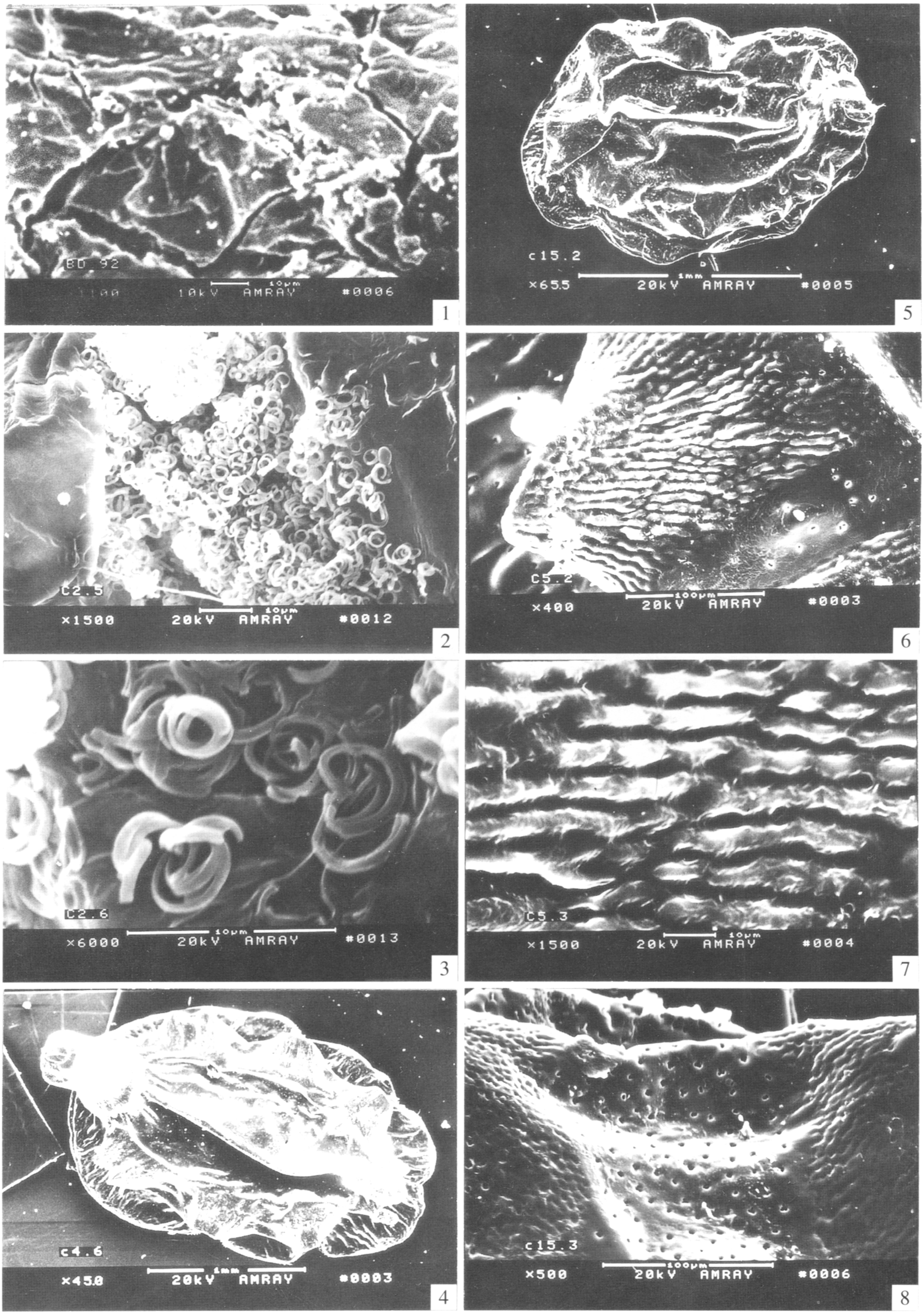
4. **三格腺的三个泌蜡孔呈"川字型"。** The trilocular pore shaped in parallel rank shape.

5. **角蜡蚧肛板与肛突,示柱状肛突上纵向纹带,肛板位于肛突顶端。** Anal plate and extended anal tube of the adult female of *C. creiferus*, showing the longitudinal stripes on the surface of anal tube.

6. **肛突柱表面核桃皮状花纹,其间散布泌蜡腺孔。** The further magnified view of anal tube surface, showing the pores and slit band from which the wax was secreted.



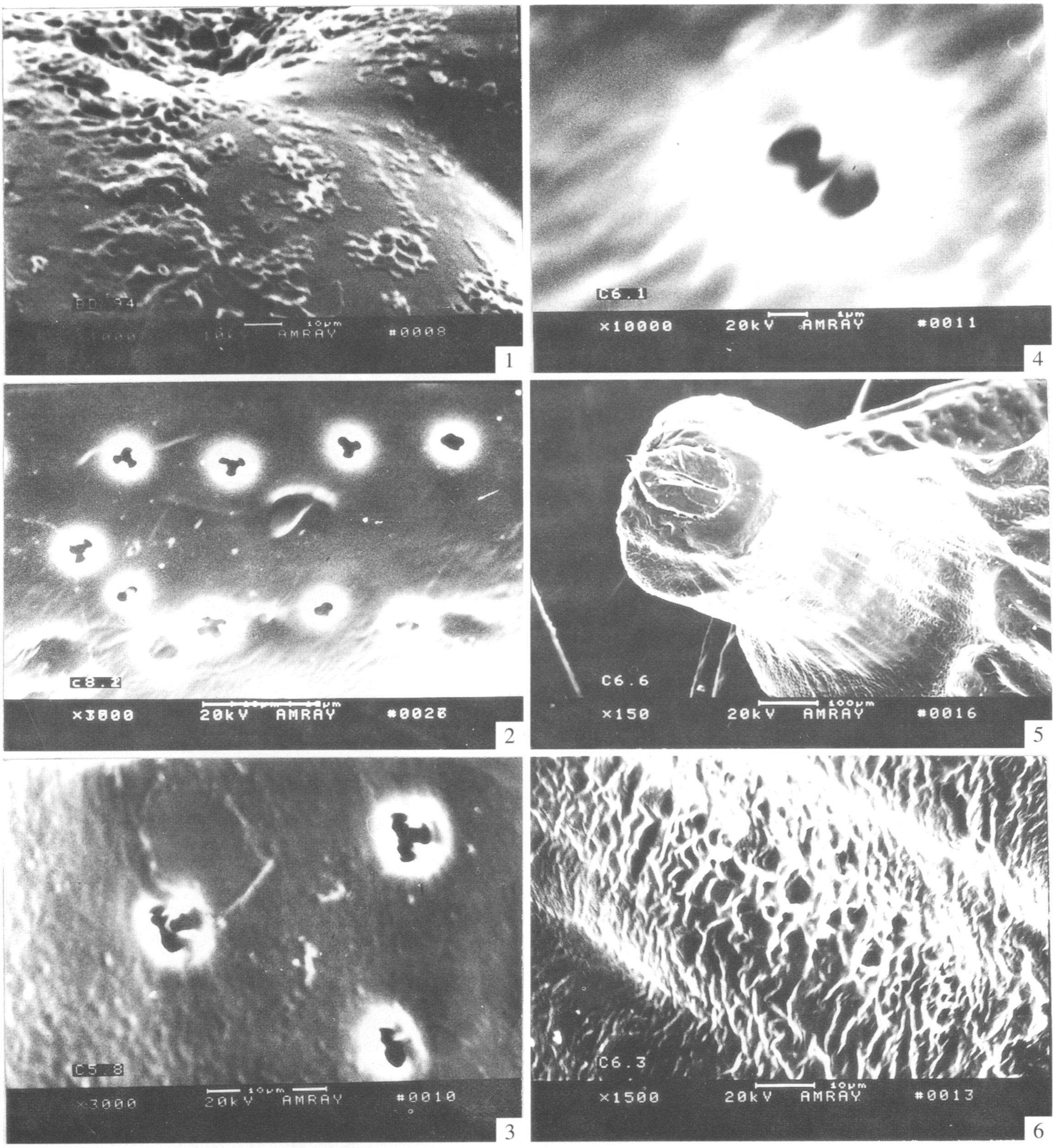
图版说明见文后 Explanation at the end of the text



图版说明见文后 Explanation at the end of the text

谢映平等:角蜡蚧和日本龟蜡蚧蜡泌物的超微结构及化学成分分析　　图版Ⅲ

XIE Ying-Ping *et al*.: Ultra-morphology and chemical composition of waxes secreted by two wax scale insects, *Ceroplastes ceriferus* (Fabricius) and *C*. *japonicus* Green (Homoptera: Coccidae)　　Plate Ⅲ



图版说明见文后 Explanation at the end of the text